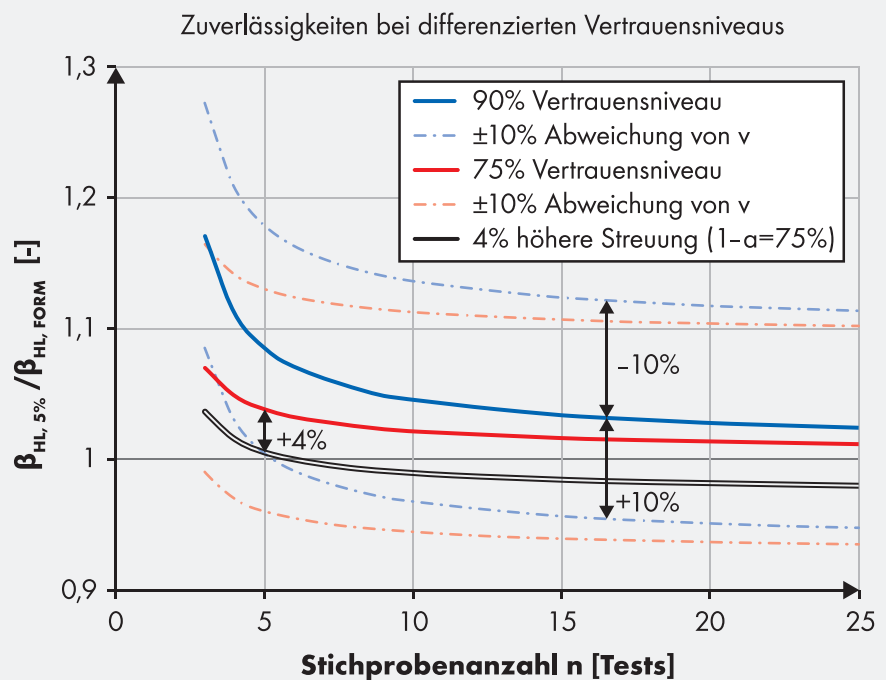


Konstruktiver Ingenieurbau

Sonderausgabe

2025

Vergleich der
Regelungen der
ift-Richtlinie MO-02/1
mit den
Regelwerken
der allgemeinen
Dübeltechnik



© Adolf Würth GmbH & Co. KG



Rainer Becker, Marvin Höpfner, Eckehard Scheller, Jürgen H. R. Küenzlen

Vergleich der Regelungen der ift-Richtlinie MO-02/1 mit den Regelwerken der allgemeinen Dübeltechnik

1 Einleitung

2 Grundlagen für die Beurteilung von Fensterbefestigern

2.1 ift-Richtlinie MO-02/1: Baukörperanschluss von Fenstern

2.2 Regelwerke der „allgemeinen Dübeltechnik“

3 Unterschiede bei der Beurteilung von Fensterbefestigern

3.1 Vertrauensniveau für die Bewertung der Versuchsergebnisse

3.2 Versagensmöglichkeiten (Dübel bzw. Spreizelement, Verankerungsgrund)

3.3 Umrechnung von Bruchlasten auf die Nennfestigkeit

3.4 Teilsicherheitsbeiwert der Einwirkungen

3.5 Zuverlässigkeit

4 Beispiel

4.1 Allgemeines

4.2 Auswertung nach allgemeiner Dübeltechnik

4.3 Auswertung nach der ift-Richtlinie MO-02/1

4.4 Vergleich Tragfähigkeit:
allgemeine Dübeltechnik ⇔ ift-Richtlinie MO-02/1

4.5 Vergleich Gebrauchstauglichkeit:
allgemeine Dübeltechnik ⇔ ift-Richtlinie MO-02/1

4.6 Ergänzende Hinweise

5 Zusammenfassung/Fazit

1 Einleitung

Mit der ift-Richtlinie MO-02/1 „Baukörperanschluss von Fenstern – Teil 2: Verfahren zur Ermittlung der Gebrauchstauglichkeit von Befestigungssystemen“ vom Juni 2015 und den aktuellen Regelwerken der allgemeinen Dübeltechnik stehen unterschiedliche Dokumente für die Beurteilung von Fensterbefestigern zur Verfügung. Anfragen an die Autoren dieses Fachbeitrags lassen darauf schließen, dass diese Grundlagen „in Wettbewerb“ zueinander stehen. Dieser Fachbeitrag zeigt daher die wesentlichen Unterschiede der aktuell vorliegenden Papiere auf.

2 Grundlagen für die Beurteilung von Fensterbefestigern

2.1 ift-Richtlinie MO-02/1: Baukörperanschluss von Fenstern

Die ift-Richtlinie MO-02/1 „Baukörperanschluss von Fenstern – Teil 2: Verfahren zur Ermittlung der Gebrauchstauglichkeit von Befestigungssystemen“ vom Juni 2015 „behandelt Befestigungsmittel/-systeme für die Befestigung von Fensterelementen und Außentüren zum Baukörper. Es werden Verfahren zur Ermittlung der Eignung, Funktion und Dauerhaftigkeit und des Leistungsvermögens (Tragfähigkeit) von Befestigungsmitteln/-systemen ... festgelegt“ (vgl. ift Rosenheim, 2015, S. 4, Abschnitt 1).

Der „Anwendungsbereich“ wird im Abschnitt 1 der Richtlinie angegeben.

„Sie gilt für

- Dübel und Schrauben,
- Kombinationen mit Winkeln und Laschen,
- Einbauzargen,
- Befestigungssysteme mit Sonderfunktionen (justierbar, mit Lastabtragung in Fensterebenen, ...),
- Befestigungssysteme zur Montage in der Dämmebene.“

Die Richtlinie gilt dagegen nicht für Bereiche, in denen nach baurechtlichen Vorgaben immer mit zugelassenen Befestigern gearbeitet werden muss (z.B. Fassaden, absturzsichernde Verglasungen) oder andere Nachweise erforderlich werden wie z.B. bei der Einbruchhemmung (Prüfnachweise); vgl. hierzu Küenzlen et al. (2022, S. 28, Abschnitt 2.9) bzw. nachfolgendes Zitat aus ift Rosenheim (2015, S. 4, Abschnitt 1).

„Sie gilt nicht für

- Fassaden und Wintergärten,*
- Belastungen aus absturzsichernden Konstruktionen,*
- Einflüsse infolge außergewöhnlicher mechanischer Einwirkungen (Einbruch, Explosionen, ...),*
- Einsatz bei aggressiven Medien,*
- direkte Verklebung des Rahmens mit dem Wandsystem.“*

In Bezug auf die allgemeine Dübeltechnik kann zusammenfassend festgehalten werden, dass die ift-Richtlinie MO-02/1 auf die Befestigung von Fenstern „beschränkt“ ist und dabei nicht nur Dübel und (Fenstermontage-)Schrauben behandelt, sondern auch „Befestigungssysteme“ (vgl. die zuerst zitierte Aufzählung). Hierbei ist allerdings festzuhalten, dass diese „Befestigungssysteme“ nach Abschnitt 4 der Richtlinie offenbar in den meisten Fällen wiederum mit Dübeln und Schrauben am tragenden Baukörper (= Verankerungsgrund) befestigt werden (vgl. ift Rosenheim, 2015, S. 6 ff., Abschnitt 4, Tabelle 1 mit den Zeilen 1, 3, 6 und 8).

Gleichzeitig stellt die Richtlinie selbst einen Bezug zur allgemeinen Dübeltechnik her. Dabei referenziert sie einerseits auf die Leitlinie ETAG 020 für Kunststoffdübel [vgl. ift Rosenheim, 2015, S. 5 (mitgelte Richtlinie), S. 10 (Prüfaufbau und Abstützung der Proben), S. 15 (Festlegung der Material-Teilsicherheitsbeiwerte) und S. 16 (Durchbiegungsbeschränkung)], führt aber andererseits explizit nur Folgendes aus (vgl. ift Rosenheim, 2015, S. 4, Abschnitt 1):

„Befestigungsmittel/-systeme mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ) bzw. europäischer technischer Zulassung (ETA) können für die Befestigung von Fensterelementen und Außentüren ebenfalls eingesetzt werden.

Eine neuerliche Prüfung nach dieser Richtlinie ist nicht erforderlich, sofern in der Zulassung entsprechende Anwendungsbereiche und Lasten angegeben werden.“

Durch diese Aussagen entsteht der eingangs beschriebene „Wettbewerb“, dessen Ursachen im Abschnitt 3 dieses Fachbeitrags erläutert werden.

2.2 Regelwerke der „allgemeinen Dübeltechnik“

Als Überleitung von Abschnitt 2.1 ist anzumerken, dass sich das Zulassungswesen seit dem Erscheinen der ift-Richtlinie MO-02/1 im Jahr 2015 weiterentwickelt hat. Für Deutschland müsste im vorangegangenen Zitat die

- allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/allgemeine Bauartgenehmigung (abZ/aBG)
- ergänzt werden. In Europa wurden zwischenzeitlich

- die Leitlinien für Europäische Technische Zulassungen (ETAGs) durch Europäische Bewertungsdokumente (EADs) und
 - die Europäischen Technischen Zulassungen (ETAs) durch Europäische Technische Bewertungen (ebenfalls abgekürzt mit ETAs)
- ersetzt.

Hinweis:

Zur Vereinfachung und besseren Lesbarkeit wird in diesem Fachbeitrag zum Teil nur der Begriff „Zulassung“ gewählt, auch wenn tatsächlich eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ), eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/allgemeine Bauartgenehmigung (abZ/aBG) bzw. eine Europäische Technische Bewertung (ETA) damit gemeint und der Begriff „Zulassung“ damit formal nicht ganz korrekt ist.

Nach Ansicht der Autoren hat sich bei Planern und Ausführenden die Bezeichnung „Bewertung“ – resultierend aus der Bauproduktenverordnung aus dem Jahr 2011 – im Sprachgebrauch noch nicht im Alltag durchgesetzt. „Umgangssprachlich“ hört und liest man unverändert den Begriff „Zulassung“.

Manchmal wird auch die Begrifflichkeit „ETA-Zulassung“ oder „ETA-Bewertung“ verwendet, was genau genommen eine Dopplung bzw. ein Fehler wäre, da das „A“ in der Abkürzung „ETA“ früher bereits mit „Zulassung“ (Approval) zu übersetzen war bzw. heutzutage nur noch mit „Bewertung“ (Assessment) zu übersetzen ist.

Entsprechend müsste heute für die Beurteilung bzw. die Durchführung von Zulassungsversuchen für Kunststoffdübel anstelle der Leitlinie ETAG 020 das

- European Assessment Document – EOTA EAD 330284-00-0604 (2021) Plastic Anchors for redundant non-structural Systems in Concrete and Masonry in Bezug genommen werden. Im Hinblick auf (Fenstermontage-)Schrauben im Verankerungsgrund Beton bzw. Mauerwerk wären außerdem das
 - European Assessment Document – EOTA EAD 330232-00-0601 (2016) Mechanical fasteners for use in concrete und zukünftig das
 - European Assessment Document – EOTA EAD 330460-00-0604 (DRAFT 2021, noch nicht veröffentlicht) – Screw anchor for use in masonry
- mit zu berücksichtigen.

Für die Bemessung müssten der

- Technical Report TR 064 (2022) Design of Plastic Anchors in Concrete and Masonry bzw. das
- Bemessungsverfahren für Kunststoffdübel zur Verankerung in Beton und Mauerwerk (Deutsches Anwendungsdokument zu EOTA TR 064 vom Mai 2018)

sowie für (Beton-)Schrauben

- DIN EN 1992-4:2019-04: Eurocode 2 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 4: Bemessung der Verankerungen von Befestigungen in Beton und
- DIN EN 1992-4:2019-04/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 4: Bemessung von Befestigungen in Beton

und für Schraubanker in Mauerwerk der

- Technical Report TR 054 (2022) Design methods for anchorages with metal injection anchors and screw anchors for use in masonry

beachtet werden.

Nachfolgend wird in diesem Fachbeitrag zunächst nur auf die geltenden Regelungen der „allgemeinen Dübeltechnik“ eingegangen. Dieses Vorgehen gibt dem Beitrag nach Ansicht der Autoren die notwendige Aktualität. Außerdem gingen die in diesem Abschnitt aufgeführten Quellen im Wesentlichen aus den Leitlinien hervor, die zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der Richtlinie MO-02/1, also im Jahr 2015, gültig waren. Falls erforderlich, wird auch auf die nicht mehr geltenden Leitlinien (ETAGs) hingewiesen.

3 Unterschiede bei der Beurteilung von Fensterbefestigern

Zunächst werden in Tabelle 1 kurz und übersichtlich die wesentlichen Unterschiede zwischen der im Abschnitt 2.1 dargestellten ift-Richtlinie MO-02/1 und den in Abschnitt 2.2 aufgeführten Regelwerken der „allgemeinen Dübeltechnik“ gegenübergestellt. In den Folgeabschnitten werden diese Unterschiede dann ausführlicher erörtert.

Tabelle 1: Unterschiede bei der Beurteilung von Fensterbefestigern zwischen ift-Richtlinie MO-02/1 und den Regelwerken der allgemeinen Dübeltechnik

Zeile	Regelungen der ...		Erörterung siehe Abschnitt
	... ift-Richtlinie MO-02/1	... allgemeinen Dübeltechnik	
1	Die Bewertung der Versuchsergebnisse beruht auf (einer Aussagewahrscheinlichkeit bzw.) einem Vertrauensniveau von 75 % . (vgl. ift Rosenheim, 2015, S. 5, Abschnitt 3.1 und S. 15, Abschnitt 5.1)	Die Bewertung der Versuchsergebnisse beruht auf (einer Aussagewahrscheinlichkeit bzw.) einem Vertrauensniveau von 90 % . Außerdem muss ggf. in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten der Versuchsergebnisse ein Abminderungsfaktor bei der Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeit berücksichtigt werden.	3.1
2	Aus der Richtlinie geht nicht hervor, inwieweit die verschiedenen Versagensmöglichkeiten (Dübel bzw. Spreizelement, Verankerungsgrund) untersucht werden. (vgl. ift Rosenheim, 2015, S. 5 ff., Abschnitt 4.1.3)	Die verschiedenen Versagensmöglichkeiten (Dübel bzw. Spreizelement, Verankerungsgrund) werden im Rahmen der Bewertung des Dübels versuchstechnisch untersucht und müssen bei der Bemessung getrennt voneinander betrachtet werden.	3.2
3	„Weicht die Druckfestigkeit des Verankerungsgrundes der Proben bei Beton vom Nennwert der charakteristischen Druckfestigkeit und bei Mauersteinen von der standardisierten mittleren Druckfestigkeit ab, ist eine“ einheitliche „Korrektur nach Gleichung (2) durchzuführen.“ $F_{Rk,c/b} = F_{Rk} \cdot (f_{ck/b} / f_{c,test/b,test})$ (vgl. ift Rosenheim, 2015, S. 15, Abschnitt 5.1)	Die Umrechnung von Bruchlasten auf die Nennfestigkeit ist abhängig vom Verankerungsgrund (Beton, Mauerwerk, Porenbeton).	3.3
4	„Die empfohlene Last (Gebrauchslast) ermittelt sich aus der Bemessungslast geteilt durch einen kombinierten Teilsicherheitsbeiwert für ständige und veränderliche Einwirkungen (Gleichung (4)). $F_{empf} = F_{Rd} / \gamma_F$ mit: $\gamma_F = 1,4$ Alternativ können auch getrennte Teilsicherheitsbeiwerte für ständige und veränderliche Einwirkungen mit Kombinationsbeiwerten verwendet werden.“ (vgl. ift Rosenheim, 2015, S. 15, Abschnitt 5.1)	„Die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen können aus DIN EN 1990 in Verbindung mit DIN EN 1990/NA entnommen werden.“ (vgl. z.B. DIBt TR 064, 2019, S. 7, Abschnitt 2.1)	3.4
5	Aus der Richtlinie geht nicht hervor, welches Sicherheitskonzept und welche Zuverlässigkeit vorliegen.	Basierend auf DIN EN 1990:2010-12, Anhang B, Abschnitt B.3.2, Tabelle B.2 ergibt sich für die Reliability-Class RC 2 ein Zuverlässigkeitsindex $\beta = 3,8$ für den Bezugszeitraum von 50 Jahren.	3.5

3.1 Vertrauensniveau für die Bewertung der Versuchsergebnisse

Regelungen der ...	
... ift-Richtlinie MO-02/1	... allgemeinen Dübeltechnik
Die Bewertung der Versuchsergebnisse beruht auf einer Aussagewahrscheinlichkeit bzw.) einem Vertrauensniveau von 75 % .	Die Bewertung der Versuchsergebnisse beruht auf (einer Aussagewahrscheinlichkeit bzw.) einem Vertrauensniveau von 90 % .
(vgl. ift Rosenheim, 2015, S. 5, Abschnitt 3.1 und S. 15, Abschnitt 5.1)	Außerdem muss ggf. in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten der Versuchsergebnisse ein Abminderungsfaktor bei der Ermittlung der charakteristischen Tragfähigkeit berücksichtigt werden.

In EOTA EAD 330284-00-0604 (2021, Annex A, S. 58, Abschnitt A3.3) heißt es dazu wie folgt:

„The 5 %-fractile of the ultimate loads measured in a test series is to be calculated according to statistical procedures for a confidence level of 90 %. If a precise verification does not take place, in general, a normal distribution and an unknown standard deviation of the population shall be assumed.“

Die gleiche Aussage findet sich in EOTA ETAG 020 Part 1 (2012, S. 33, Abschnitt 6.4.1.1) sowie in der deutschen Übersetzung der Vorgängerausarbeitung aus dem Jahr 2006:

„Die 5 %-Fraktile der Bruchlasten in einer Versuchsreihe sind nach statistischen Methoden für eine Aussagewahrscheinlichkeit von 90 % zu berechnen. Falls keine genauen Nachweise geführt werden, ist im Allgemeinen eine Normalverteilung und eine unbekannte Standardabweichung der Grundgesamtheit anzunehmen.“

Ebenso heißt es in EOTA EAD 330232-00-0601 (2016, Anhang A, S. 53, Abschnitt A2.3) u.a. für (Beton-)Schrauben und auch in EOTA EAD 330460-00-0604 (DRAFT 2021, Anhang B, S. 41, Abschnitt B.1) u.a. für Schraubanker in Mauerwerk, wobei für letztere eine logarithmische Normalverteilung anzunehmen ist.

Die Versuchsergebnisse sollen somit in der Regel unter Zugrundelegung einer Normalverteilung (Ausnahme Schraubanker in Mauerwerk) und immer mit einem Vertrauensniveau von 90 % nach der folgenden Gleichung (1) ausgewertet werden:

$$F_{RK} = F_{Ru,m} \cdot (1 - k_s \cdot v) \quad \text{Gl. (1)}$$

mit:

- F_{RK} 5 %-Quantil der Versagenslasten unter Verwendung einer Normalverteilung und (einer Aussagewahrscheinlichkeit bzw.) eines Vertrauensniveaus von $(1-\alpha) = 90 \%$
- $F_{Ru,m}$ mittlere auf die Festigkeit des versagenden Bauteils normierte Tragfähigkeit

- k_s statistischer Beiwert zur Berücksichtigung der Umrechnung vom Mittelwert auf das 5 %-Quantil ($k_s = 3,40$ für $n = 5$; $k_s = 2,57$ für $n = 10$)
- n Anzahl der Versuche in einer Serie
- v Variationskoeffizient der Versagenslasten

Hinweis:

Der in Tabelle 1 verwendete Begriff „Aussagewahrscheinlichkeit“ wird im Allgemeinen auch mit dem Begriff „Aussagegrenzen“ oder „Vertrauensniveau“ bezeichnet.

Mit den in Stichproben-Versuchen untersuchten Eigenschaften wird auf der Basis von stochastischen Methoden versucht, den tatsächlichen Wert des 5 %-Quantils der Grundgesamtheit ($n = \infty$) mit einem gewissen Stichprobenumfang ($n \ll \infty$) zu ermitteln.

Das Vertrauensniveau $(1-\alpha)$ ist – vereinfacht ausgedrückt – ein Maß für das Vertrauen bzw. die Sicherheit, dass die angenommene Hypothese des 5 %-Quantils bestätigt wird und wahr ist.

Dem Vertrauensniveau $(1-\alpha)$ gegenüber steht das Signifikanzniveau α , welches den Fehler zwischen der angenommenen Hypothese und der tatsächlichen Realität, in diesem Fall der Verteilung und den konkreten Werten der Tragfähigkeit, definiert.

Das Signifikanzniveau α ist – etwas vereinfacht – die Wahrscheinlichkeit, dass diese Hypothese bzw. Nullhypothese fälschlicherweise abgelehnt wird, obwohl sie stimmt bzw. wahr ist. In dem vorliegenden Fall bedeutet das Signifikanzniveau dieser Nullhypothese, dass die geschätzte Tragfähigkeit, ermittelt mit der konkreten Stichprobe, mit der Wahrscheinlichkeit α [%] von dem tatsächlichen Wert der Grundverteilung der Tragfähigkeit abweicht.

Befestigungen

Das Vertrauensniveau von 90 % für die Ermittlung der Tragfähigkeit von Befestigungselementen gilt in Europa seit Jahrzehnten als Stand der Technik. Damit werden auf der sicheren Seite allgemeine Streuungen berücksichtigt, die aus

- der Montage der Befestigungen,
- dem Herstellungsprozess und lokalen Inhomogenitäten der Baustoffe Beton und Mauerwerk sowie
- der Annahme der empirischen Verteilungsfunktion (EDF) für die Verallgemeinerung von diversen Befestigungssystemen resultieren.

Die ift-Richtlinie MO-02/1 berücksichtigt „nur“ ein Vertrauensniveau von 75 %.

Durch diese andere Betrachtungsweise können sich für Befestigungen, die nach der ift-Richtlinie MO-02/1 beurteilt werden, deutlich höhere Tragfähigkeiten im Baustoff Mauerwerk/Beton ergeben bei erhöhtem, statistischem Risiko für ein falsch positives Hypothesenergebnis. Hierbei werden allerdings statistische Unsicherheiten der Befestigungstechnik unzureichend berücksichtigt, z.B.

- Herstellungsprozesse und Eigenschaften der Baustoffe Beton und Mauerwerk,
- mechanische Interaktionen und Wechselwirkungen der konstruktiven Systemelemente und/oder
- statistische Verteilungstreue der Stichproben bei Verallgemeinerung diverser Systeme.

Nach den europäischen Regelwerken werden für Befestigungssysteme besonders große Streuungen zusätzlich mit dem Abminderungsfaktor α_v bzw. β_{cv} berücksichtigt. Das bedeutet, dass die charakteristische Tragfähigkeit bei hohen Streuungen je nach Versuch in Abhängigkeit von dem Regelwerk (bei $v > 15 / 20 / 30 \%$) weiter abgemindert werden muss. Siehe hierzu:

- Kunststoffdübel: α_v nach EOTA EAD 330284-00-0604 (2021, Annex A, S. 58, Abschnitt A3.2)
- u.a. für (Beton-)Schrauben: β_{cv} nach EOTA EAD 330232-00-0601 (2016, Anhang A, S. 53, Abschnitt A2.3)
- u.a. für Schraubanker in Mauerwerk: α_v nach EOTA EAD 330460-00-0604 (DRAFT 2021, Anhang B, S. 41, Abschnitt B.2)

3.2 Versagensmöglichkeiten (Dübel bzw. Spreizelement, Verankerungsgrund)

Regelungen der ...	
... ift-Richtlinie MO-02/1	... allgemeinen Dübeltechnik
Aus der Richtlinie geht nicht hervor, inwieweit die verschiedenen Versagensmöglichkeiten (Dübel bzw. Spreizelement, Verankerungsgrund) untersucht werden.	Die verschiedenen Versagensmöglichkeiten (Dübel bzw. Spreizelement, Verankerungsgrund) werden im Rahmen der Bewertung des Dübels versuchstechnisch untersucht und müssen bei der Bemessung getrennt voneinander betrachtet werden.
(vgl. ift Rosenheim, 2015, S. 5 ff., Abschnitt 4.1.3)	

Nach den europäischen Bemessungsregeln sind im Rahmen der Bewertung eines Dübels die unterschiedlichen Versagensmöglichkeiten versuchstechnisch zu untersuchen. Dazu werden dann in den „Zulassungen“ (vgl. Abschnitt 2.2) unterschiedliche charakteristische Tragfähigkeiten (F_{Rk}) ausgewiesen. Im statischen Nachweis einer Befestigung muss dann für die jeweiligen Versagensmöglichkeiten nachgewiesen werden, dass der Bemessungswert der Einwirkungen

($F_{Ed} = F_{Ek} \cdot \gamma_F$) kleiner ist als der jeweilige Bemessungswert der Tragfähigkeit ($F_{Rd} = F_{Rk} / \gamma_M$).

In Tabelle 2 und Tabelle 3 werden exemplarisch die erforderlichen Nachweise bei Zug- und Querbeanspruchung für Kunststoffdübel nach DIBt TR 064 (2019) dargestellt.

Tabelle 2: Erforderliche Nachweise bei Zugbeanspruchung nach DIBt TR 064 (2019, S. 9, Abschnitt 4.2.1.1, Tabelle 2)

		Einzeldübel	Dübelgruppe	
Versagen des Spreizelements	Metall (Stahl)	$N_{Ed} \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$N_{Ed}^h \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
	Kunststoff	$N_{Ed} \leq N_{Rk,pol} / \gamma_{Mpol}$	$N_{Ed}^h \leq N_{Rk,pol} / \gamma_{Mpol}$	
Versagen durch Herausziehen		$N_{Ed} \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mc}$	$N_{Ed}^h \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
Versagen durch Betonausbruch		$N_{Ed} \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$		$N_{Ed}^g \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$

Tabelle 3: Erforderliche Nachweise bei Querbeanspruchung nach DIBt TR 064 (2019, S. 10, Abschnitt 4.2.2.1, Tabelle 3)

		Einzeldübel	Dübelgruppe	
Versagen des Spreizelements: Querlast ohne Hebelarm	Metall (Stahl)	$V_{Ed} \leq V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$	$V_{Ed}^h \leq V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$	
	Kunststoff	$V_{Ed} \leq V_{Rk,pol}/\gamma_{Mpol}$	$V_{Ed}^h \leq V_{Rk,pol}/\gamma_{Mpol}$	
Versagen des Spreizelements: Querlast mit Hebelarm	Metall (Stahl)	$V_{Ed} \leq V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$	$V_{Ed}^h \leq V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$	
	Kunststoff	Querlast mit Hebelarm (Abstandsmontage) ist <u>nicht</u> erlaubt		
Versagen durch Betonkantenbruch		$V_{Ed} \leq V_{Rk,c}/\gamma_{Mc}$		$V_{Ed}^g \leq V_{Rk,c}/\gamma_{Mc}$

Dabei wird darauf hingewiesen, dass für die Bemessung von (Beton-)Schrauben und Schraubankern in Mauerwerk noch weitere/andere Nachweise geführt werden müssen. Siehe hierzu:

- u.a. für (Beton-)Schrauben:
DIN EN 1992-4 (2019-04, S. 52, Tabelle 7.1 und S. 66, Tabelle 7.2)
- u.a. für Schraubanker in Mauerwerk: EOTA TR 054
(2022, S. 13, Abschnitt 4.2.1 sowie S. 15, Abschnitt 4.3.1)

Demnach ist neben dem Versagen durch Herausziehen oder Bruch des Baustoffs in der Regel immer auch die Stahltragfähigkeit zu beurteilen.

Die Stahltragfähigkeit ist insbesondere dann relevant, wenn Untersuchungen an direkten Verschraubungen (ohne Laschenverbindung) bei Querlast mit Abstand (= Hebelarm) durchgeführt werden (vgl. ift Rosenheim, 2015, S. 7 ff., Tabelle 1, Zeile 6: bezeichnet als „Durchsteckmontage“).

In der Regel wird bei diesen Versuchen eine Plastifizierung der Schraube einsetzen, ohne dass ein erkennbares Versagen durch Abreißen o. Ä. erfolgt. Ein Versagen hat aber insoweit dann bereits stattgefunden, da das Stahlgefüge durch die Plastifizierung verändert wird.

Die Tragfähigkeit unter Querlast mit Hebelarm ermittelt sich nach DIN EN 1992-4 (2019-04, S. 69, Abschnitt 7.2.2.3.2) mit Hilfe von Gleichung (2):

$$V_{Rk,s,M} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l_a} \quad \text{Gl. (2)}$$

mit:

α_M Beiwert zur Berücksichtigung des Einspanngrades

$$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 = 1,2 \cdot W_{el} \cdot f_{uk}$$

$$= 1,2 \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{32} \cdot f_{uk}$$

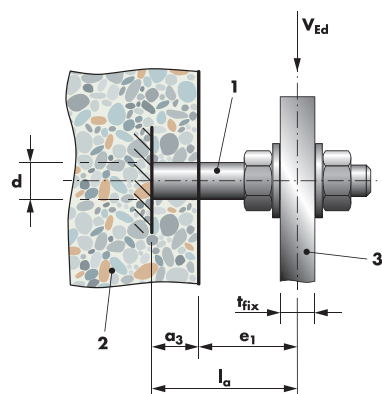
charakteristisches Biegemoment für den hier relevanten Fall einer einzelnen Schraube (hier ohne Wirkung einer Normalkraft!)

d Durchmesser im Querschnitt des maximalen Moments

f_{uk} charakteristische Zugtragfähigkeit der Schraube im o.g. Querschnitt

l_a Hebelarm der einwirkenden Querlast

Bei der Anwendung von Gleichung (2) ist für die Verankerung von Fensterprofilen ohne Lasche nach derzeitigem Stand der Technik die in Bild 1 dargestellte Situation für die Definition bzw. Bestimmung des Hebelarms (l_a) der einwirkenden Querlast maßgebend. Dabei manifestiert sich das maximale Moment etwa $0,5 \cdot d$ unterhalb der Oberfläche des Verankerungsgrunds (Maß a_3 gemäß Bild 1).



Legende:

1 Befestigungselement

2 Betonbauteil

3 Anbauteil

t_{fix} Anbauteildicke

a_3 Abstand zwischen Betonoberfläche und Stelle der angenommenen Einspannung eines Befestigungselementes unter Querlast mit Hebelarm

e_1 Abstand zwischen Querlast und Betonoberfläche

l_a Hebelarm der einwirkenden Querlast

d Durchmesser

V_{Ed} einwirkende Querlast

Bild 1: Definition bzw. Bestimmung des Hebelarms der einwirkenden Querlast für eine Abstandsmontage nach DIN EN 1992-4 (2019-04, S. 44, Abschnitt 6.2.2.3, Bild 6.6a, Bild 6.6)

Für α_M in Gleichung (2) findet sich in DIN EN 1992-4 (2019-04, S. 44, Abschnitt 6.2.2.3) folgende Definition:

„ α_M ist der Faktor zur Berechnung des Einspanngrades des Befestigungselementes auf der Anbauteilseite. Er sollte nach guter Ingenieurspraxis bestimmt werden.“

Die einwirkende Querkraft (V_{Ed}) wirkt nach Bild 1 in der Schwerachse des Anschlussbauteils.

In der Zulassungspraxis für Fensterbefestiger wird diese Schwerachse schon immer zur Vereinfachung an den laibungsseitigen Rand des Fensterprofils verschoben und nur die freie Schrauben- bzw. Dübellänge (e_f) angesetzt; vgl. exemplarisch Bild 2 sowie in abZ/aBG AMO-Combi (2022) und abZ/aBG AMO Y/IV (2024).

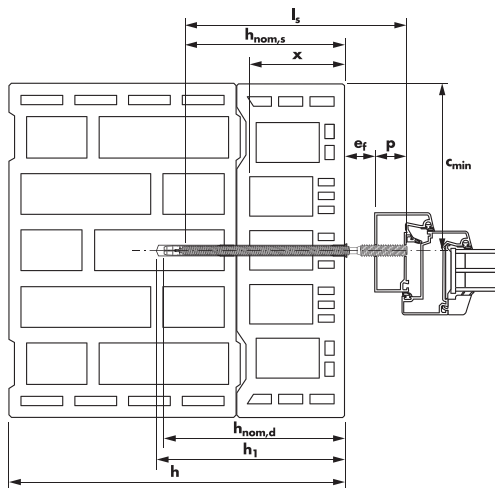


Bild 2: Freie Schrauben- bzw. Dübellänge e_f nach abZ/aBG AMO-Combi (2022, Anlage 3)

Dieser Ansatz steht im Einklang mit den Regelungen nach ift Rosenheim (2015, S. 7, Tabelle 1, Zeile 4); vgl. „Beispiel“ in Bild 3.

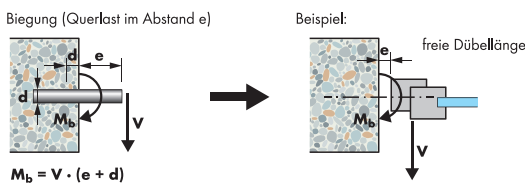


Bild 3: Querlast mit Abstand e nach ift Rosenheim, 2015, S. 7, Tabelle 1, Zeile 4

Durch diese Verschiebung des Lastangriffpunktes bzw. Vereinfachung werden gewisse Einspannungen des Fensterbefestigers, die im Fensterprofil möglich und vorhanden sind, wieder aufgezehrt. Entsprechend ist als ingenieurmäßiger Ansatz auf der sicheren Seite anzunehmen, dass keine Einspannung in Kombination zur freien Dübellänge bis zum laibungsseitigen Rand mehr vorhanden ist und sich das Anbauteil frei verdrehen kann. In Konsequenz ist in Gleichung (2) $\alpha_M = 1,0$ anzusetzen.

Das Diagramm in Bild 4 zeigt den Vergleich

- der Verformungen im Einzelversuch an Dübelbefestigungen mit unterschiedlichen Einspanngraden („Einspannung“ und „frei drehbar“) und
- die Verformung im Systemversuch.

Dabei sind die Tragfähigkeiten aus dem Systemversuch und aus dem Versuch an Einzelbefestigungen mit Gelenk direkt vergleichbar, da die freie Schraubenlänge in beiden Versuchen etwa 25 mm betrug. Im Versuch mit Einspannung lag der Abstand zwischen der Schwerachse des Anbauteils und der Oberfläche des Verankerungsgrunds bei ca. 30 mm. Für die Bewertung des Systemversuchs ist dabei bereits die Lasteinleitung in das laibungsseitige Blech des Verstärkungsprofils berücksichtigt.

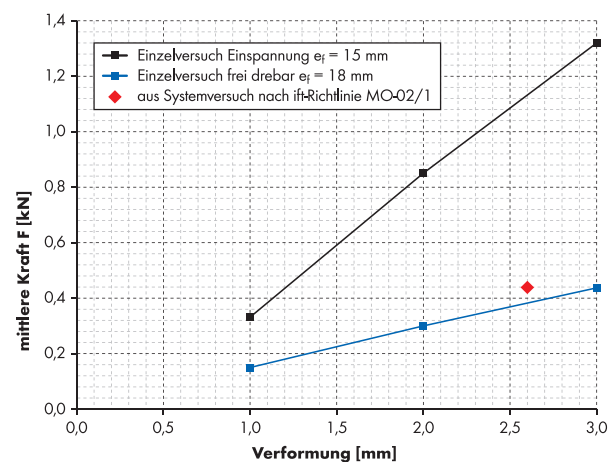


Bild 4: Vergleich der Tragfähigkeiten zwischen Einzelversuch mit Einspannung und mit gelenkiger Lagerung sowie dem Systemversuch

Es wird deutlich, dass die Verlagerung des Lastangriffs von der Schwerachse in das laibungsseitige Blech des Verstärkungsprofils noch zu plausiblen Ergebnissen führt, da die Tragfähigkeit im Bereich zwischen Einspannung und gelenkiger Lagerung liegt. Außerdem wird deutlich, dass durch die Verschiebung des Lastangriffs keine Teileinspannung der Verankerung in das Fensterprofil mehr unterstellt werden kann, sondern vielmehr von einer gelenkigen Lagerung der Verankerung im Fensterprofil auszugehen ist.

Siehe hierzu sinngemäß auch:

- für Kunststoffdübel: DIBt TR 064 (2019, S. 8, Abschnitt 3.2 mit Abbildung 3.1 und S. 10, Abschnitt 4.2.2.3)
- u.a. für Schraubanker in Mauerwerk: EOTA TR 054 (2022, S. 11/12, Abschnitt 3.2 mit Figure 3.1 und 3.2 sowie S. 16, Abschnitt 4.3.3)

Zur Veranschaulichung der in Abschnitt 3.1 und hier in Abschnitt 3.2 dargestellten Ausführungen wird in Abschnitt 3.5 dieses Fachbeitrags beispielhaft eine Reihe von Querlastversuchen ausgewertet – einmal nach der ift-Richtlinie MO-02/1 und zum anderen nach dem geltenden europäischen Regelwerk für Dübel.

3.3 Umrechnung von Bruchlasten auf die Nennfestigkeit

Regelungen der ...	
... ift-Richtlinie MO-02/1	... allgemeinen Dübeltechnik
„Weicht die Druckfestigkeit des Verankerungsgrundes der Proben bei Beton vom Nennwert der charakteristischen Druckfestigkeit und bei Mauersteinen von der standardisierten mittleren Druckfestigkeit ab, ist eine“ einheitliche „Korrektur nach Gleichung (2) durchzuführen.“ $F_{Rk,c/b} = F_{Rk} \cdot (f_{ck/b} / f_{c,test/b,test})$ (vgl. ift Rosenheim, 2015, S. 15, Abschnitt 5.1)	Die Umrechnung von Bruchlasten auf die Nennfestigkeit ist abhängig vom Verankerungsgrund (Beton, Mauerwerk, Porenbeton).

Die ift-Richtlinie MO-02/1 kennt nur eine lineare Korrektur der charakteristischen Tragfähigkeiten der Fensterbefestiger im Verhältnis der

Druckfestigkeit des Verankerungsgrundes der vorhandenen Proben

- zum Nennwert der charakteristischen Druckfestigkeit bei Beton ($f_{ck} / f_{c,test}$) bzw.
- zur standardisierten mittleren Druckfestigkeit bei Mauersteinen ($f_b / f_{b,test}$).

Das diesbezüglich gängige europäische Regelwerk ist das Folgende:

- Kunststoffdübel: EOTA EAD 330284-00-0604 (2021, Annex A, S. 57/58, Abschnitt A3.1)
- u.a. für (Beton-)Schrauben: EOTA EAD 330232-00-0601 (2016, Anhang A, S. 53, Abschnitt A2.1)

- u.a. für Schraubanker in Mauerwerk: EOTA EAD 330460-00-0604 (DRAFT 2021, Anhang B, S. 44/45, Abschnitt B.5)

Danach deckt sich die Normierung für Mauersteine mit der ift-Richtlinie MO-02/1.

Für Verankerungen in Beton und Porenbeton ist das Vorgehen gemäß ift-Richtlinie MO-02/1 so lange nicht zu beanstanden, solange nicht für höhere Druckfestigkeiten als in den Versuchen auf höhere Tragfähigkeiten normiert wird.

Generell ist der Einfluss der unterschiedlichen Normierungen auf die Tragfähigkeit tendenziell eher als gering einzuschätzen. Der Vollständigkeit halber wird hier aber auf die Unterschiede hingewiesen.

3.4 Teilsicherheitsbeiwert der Einwirkungen

Regelungen der ...	
... ift-Richtlinie MO-02/1	... allgemeinen Dübeltechnik
„Die empfohlene Last (Gebrauchslast) ermittelt sich aus der Bemessungslast geteilt durch einen kombinierten Teilsicherheitsbeiwert für ständige und veränderliche Einwirkungen (Gleichung (4)). $F_{emp} = F_{Rd} / \gamma_F$ mit: $\gamma_F = 1,4$ Alternativ können auch getrennte Teilsicherheitsbeiwerte für ständige und veränderliche Einwirkungen mit Kombinationsbeiwerten verwendet werden.“ (vgl. ift Rosenheim, 2015, S. 15, Abschnitt 5.1)	„Die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen können aus DIN EN 1990 in Verbindung mit DIN EN 1990/NA entnommen werden.“ (vgl. z.B. DIBt TR 064, 2019, S. 7, Abschnitt 2.1)

Die empfohlene Last (Gebrauchslast) in der ift-Richtlinie MO-02/1 (F_{empf}) entspricht im Prinzip der charakteristischen Einwirkung (F_{Ek}), wie sie in den europäischen Regelwerken nach Abschnitt 2.2 dieses Fachbeitrags bekannt sind, da offensichtlich Folgendes gilt:

$$F_{\text{empf}} = \frac{F_{\text{Rd}}}{\gamma_F} = \frac{(F_{\text{Rk}}/\gamma_M)}{\gamma_F} = F_{\text{Ek}} \quad \text{Gl. (3)}$$

mit:

F_{empf}	empfohlene Last (Gebrauchslast) nach ift-Richtlinie MO-02/1
F_{Rd}	Bemessungswert der Tragfähigkeit
F_{Rk}	charakteristische Tragfähigkeit
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert der Einwirkung
γ_M	Material-Teilsicherheitsbeiwert
F_{Ek}	charakteristische Einwirkung

Gemäß ift-Richtlinie MO-02/1 wird empfohlen, die Gebrauchslast auf der Grundlage eines kombinierten Teilsicherheitsbeiwerts $\gamma_F = 1,4$ zu ermitteln. Diese Vorgehensweise ist ingenieurmäßige Praxis und stellt einen Mittelwert von $\gamma_F = 1,35$ (für Eigengewicht) und $\gamma_F = 1,5$ (für veränderliche Einwirkungen) dar, wenn bei der Bemessung eines üblichen Bauteils im Hochbau 60 % Eigengewicht und 40 % veränderliche Lasten wirken.

3.5 Zuverlässigkeit

Regelungen der ...	
... ift-Richtlinie MO-02/1	... allgemeinen Dübeltechnik
Aus der Richtlinie geht lediglich hervor, dass es sich um ein Teilsicherheitskonzept handelt. Es werden jedoch keine Angaben zu weiteren Konzeptannahmen gemacht und welche Zuverlässigkeiten vorliegen.	Basierend auf DIN EN 1990:2010-12, Anhang B, Abschnitt B.3.2, Tabelle B.2 ergibt sich für die Reliability-Class RC 2 ein Zuverlässigkeitsindex $\beta = 3,8$ für den Bezugszeitraum von 50 Jahren bzw. $\beta = 4,0$ für den Bezugszeitraum von 25 Jahren.

Gemäß DIN EN 1990:2010-12, Abschnitt 1.5.2.17 ist die „Zuverlässigkeit“ die „Fähigkeit eines Tragwerks oder Bauteils, die festgelegten Anforderungen innerhalb der geplanten Nutzungszeit zu erfüllen. Die Zuverlässigkeit wird i. d. R. mit probabilistischen Größen ausgedrückt“; sie „gilt für Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit eines Tragwerks“.

Ergänzend heißt es dann in DIN EN 1990:2010-12, Anhang B, Abschnitt B1: „Die Differenzierung der Zuverlässigkeit kann durch den Zuverlässigkeitsindex (...) ausgedrückt werden. Dabei wird auf bekannte oder angenommene statistische Verteilungen der Einwirkungen, der Bauwerkswiderstände und der Modellungenauigkeiten Bezug genommen.“

Die Zuverlässigkeitsanalyse im Nachweisverfahren von DIN EN 1990 ist als ein komplettes Konzept mit den übergeordneten Komponenten Einwirkung und Widerstand zu verstehen. Dieses Konzept ist abhängig vom spezifischen Anwendungsfall mit stochastisch-mathematischen Verfahren kalibriert und verifiziert.

Die Ermittlung des charakteristischen Widerstands ist dabei nur ein Element, welches zur Gesamtheit des Konzepts und der entsprechenden Zuverlässigkeit passen muss.

Nach

- DIBt TR 064 (2019, S. 7, Abschnitt 2.1) für Kunststoffdübel bzw.
- DIN EN 1992-4 (2019-04, S. 31, Abschnitt 4.4.1) u.a. für (Beton-)Schrauben
- EOTA TR 054 (2022, S. 10, Abschnitt 2.1) u.a. für Schraubanker in Mauerwerk

sind die individuellen Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen nach DIN EN 1990 anzusetzen,

Befestiger für Fenster, die in der Laibung montiert werden, werden in den meisten Fällen durch Querlasten beansprucht. Das Eigengewicht bleibt unberücksichtigt, da es über Tragklötze direkt in die Brüstung abgetragen wird. Bei der Bemessung sind dann vielfach die zu 100 % veränderlichen Einwirkungen aus Wind (Druck und Sog) und bei absturzsichernden Fensterelementen zusätzlich die horizontalen Nutzlasten (nach außen und nach innen wirkend) maßgebend. Für diese veränderlichen Lastfälle bzw. Lastfallkombinationen allein ist immer der konkrete Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_F = 1,5$ zu berücksichtigen, andernfalls reduziert sich die Sicherheit um ca. 7 % ($1,4 / 1,5 = 0,93$).

Unter Berücksichtigung der Widerstands- und Einwirkungsfunktion als stochastische Größe mit den Teilsicherheitsfaktoren beider Regelungen (ift-Richtlinie MO-02/1 bzw. allgemeine Dübeltechnik) ergeben sich im Grenzzustand der Bemessung (Einwirkung ist äquivalent zum Widerstand) mit den hier verwendeten Randbedingungen und Annahmen

- der Widerstandsfunktion als eine Normalverteilung mit den Informationen aus Tabelle 4 und der statistischen Prüfung der vorliegenden Daten mit dem Signifikanzniveau von $\alpha = 6 \%$ für eine Normalverteilung mit dem Shapiro-Wilk Test, Cramér-von Mises Test und Anderson-Darling Test,
- der unterschiedlichen Vertrauensniveaus zur Ermittlung des charakteristischen Widerstands,
- einem gleichen Variationskoeffizienten der Grundgesamtheit und
- als hinreichende Vereinfachung eine identische, normalverteilte Einwirkung mit 30 % Variationskoeffizienten

in Übereinstimmung mit dem nachfolgenden Beispiel differenzierte Zuverlässigkeitsindizes β_{HL} .

Befestigungen

Im Vergleich zur detaillierten First Order Reliability Methode (FORM) – Stufe II nach DIN EN 1990 mit dem Verfahren nach Hasofer/Lind liegt eine robuste und sichere Zuverlässigkeit im Fall des 90 % Vertrauensniveaus bei einer Stichprobenanzahl von $n = 5$ Tests vor, auch bei einer Abweichung des Variationskoeffizienten der Stichprobe größer als 10 % vom Variationskoeffizienten der Grundgesamtheit ($n = \infty$; dünne, gestrichelte Linien in Bild 5).

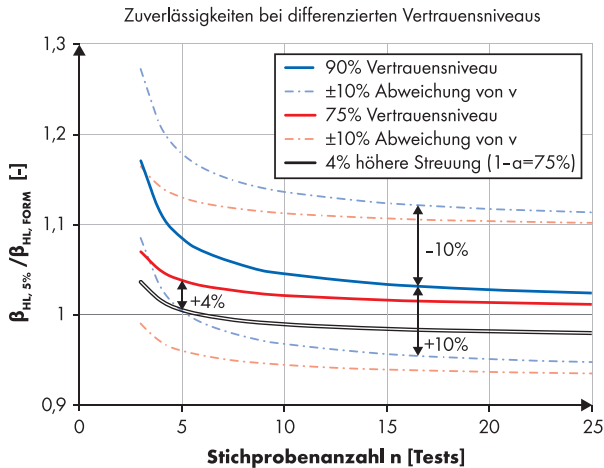


Bild 5: Verhältnswerte der Zuverlässigkeitsindizes zur First Order Reliability Methode (FORM)

Wird dagegen nur ein Vertrauensniveau von 75 % gewählt, liegt dies zwar bei einem gleichbleibend geschätzten Variationskoeffizienten zwischen Stichprobe und Grundgesamtheit zunächst auch auf der sicheren Seite (durchgezogene Linie), kann jedoch bereits bei geringen Abweichungen des Variationskoeffizienten von $\approx 4\%$ bei $n = 5$ Versuchsergebnissen kritisch werden und in den unsicheren Bereich im Vergleich zur FORM fallen (schwarze Doppel-Linie in Bild 5).

Abweichungen zwischen Stichprobe und Grundgesamtheit mit Fehlinterpretationen bzw. den in Kapitel 3.1 erläuterten statistischen Fehlern sind unter ingenieurmäßigen Aspekten aufgrund

- relativ geringer Stichprobenumfänge mit eventuellen Ausreißern,
- Mischverteilungsverhalten und der
- grundsätzlichen Verallgemeinerung von diversen Befestigungssystemen

mit einer vorbestimmten empirischen Verteilungsfunktion zu berücksichtigen und können vergleichsweise einfach entstehen. Diese fehlende Robustheit und resultierende Unsicherheit ist im Konzept der ift-Richtlinie für Befestigungssysteme kritisch anzumerken.

In Europa besteht seit langer Zeit Konsens, dass im Bereich der Befestigungstechnik ein Vertrauensniveau von 90 % anzusetzen ist, um die diversen Streuungen von Befestigungssystemen zu berücksichtigen, die aus

- der tatsächlichen Montage der Befestigungen,
- dem Herstellungsprozess der Baustoffe Beton und Mauerwerk,
- den mechanischen Wechselwirkungen und
- der statistischen Verteilungsstreuung von Stichproben diverser Systeme

resultieren (vgl. Abschnitt 3.1 dieses Fachbeitrags). Dieser Konsens, dokumentiert in den ersten Ausgaben der europäischen Leitlinien ETAG 001 (1997) und ETAG 020 (2006), bestand bereits vor der bauaufsichtlichen Einführung der Eurocodes in Deutschland im Jahr 2012.

Hierzu wird in Hofmann (2020) Folgendes festgestellt:

„In der Befestigungstechnik wird hingegen eine Aussagewahrscheinlichkeit von 90 % angestrebt. Dies liegt daran, dass Verankerungen fast ausschließlich die Zugfestigkeit beziehungsweise die Bruchenergie des Materials planmäßig ausnutzen.“

Tabelle 4: Versuchsergebnisse Querlastversuche mit einem Fensterbefestiger in einem Kalksandlochstein

Nr.	h_{ef}^t	δ_{Fu}	V_{Ru}^t	Versagen
	[mm]	[mm]	[kN]	
1	120,0	24,12	8,73	Steinausbruch
2	120,0	25,08	8,04	Steinausbruch
3	120,0	27,75	8,63	Steinausbruch
4	120,0	31,27	8,30	Steinausbruch
5	120,0	23,05	6,11	Steinausbruch
		Mittelwert $V_{Ru,m}$:	7,96	

4 Beispiel

4.1 Allgemeines

Zur Veranschaulichung der Bewertungen nach der ift-Richtlinie MO-02/1 und dem europäischen Regelwerk wird im Folgenden eine Reihe von Querlastversuchen mit einem Fensterbefestiger nach beiden Regelungen ausgewertet:

- Zur exemplarischen Bewertung wurde ein Kalksandlochstein als Verankerungsgrund ausgewählt.
- Der Randabstand des Fensterbefestigers in den Versuchen betrug $c = 90$ mm.
- Die Lasteinleitung in die Verschraubung erfolgte gelenkig mit einem Hebelarm von 20 mm.
- Die Befestigung versagte jeweils durch Steinausbruch.
- Insgesamt wurden 5 Versuchsergebnisse erzielt, die in Tabelle 4 ausgewiesen werden.

4.2 Auswertung nach allgemeiner Dübeltechnik

Eine statistische Auswertung nach EOTA EAD 330232-00-0601 (2016, Anhang A, S. 58, Abschnitt A3.3) entsprechend Gleichung (1) in diesem Fachbeitrag (vgl. Abschnitt 3.1) führt zu folgender charakteristischen Quertragfähigkeit:

$$V_{Rk,EAD} = V_{Ru,m} \cdot (1 - k_s \cdot v) \\ = 7,96 \cdot (1 - 3,40 \cdot 0,134) = 4,32 \text{ kN} \quad \text{Gl. (4)}$$

Damit ist das Versagen für den Verankerungsgrund bewertet.

Hinzu kommt noch die Bewertung der Stahltragfähigkeit des Fensterbefestigers bei Einwirkung einer Querlast mit Hebelarm nach Gleichung (5). Unter Berücksichtigung einer Festigkeit von $f_{uk} = 1.200$ N/mm² und einem Hebelarm der Einwirkung von $l_a = 23,75$ mm ergibt sich die folgende charakteristische Stahl-Quertragfähigkeit (vgl. Abschnitt 3.2 dieses Fachbeitrags):

$$V_{Rk,s,M} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l_a} = \frac{1,0 \cdot 23.521}{23,75} = 990 \text{ N} = 0,99 \text{ kN} \quad \text{Gl. (5)}$$

mit:

α_M 1,0 Beiwert zur Berücksichtigung des Einspanngrades:
Keine Einspannung ($\alpha_M = 1,0$) muss angenommen werden, wenn sich das Anbauteil frei verdrehen kann.

$$M_{Rk,s} \quad 1,2 \cdot W_{el} \cdot f_{uk} = 1,2 \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{32} \cdot f_{uk} \\ = 1,2 \cdot \frac{\pi \cdot 5,5^3}{32} \cdot 1.200 = 23.521 \text{ Nmm}$$

charakteristisches Biegemoment
(hier ohne Wirkung einer Normalkraft!)

d 5,5 mm
Durchmesser im Querschnitt des maximalen Moments

f_{uk} 1.200 N/mm²
charakteristische Zugtragfähigkeit
der Schraube im o. g. Querschnitt

l_a 23,75 mm
Hebelarm der einwirkenden Querlast
(vgl. Bild 1 in Abschnitt 3.2 dieses Fachbeitrags)

Unter Verwendung der unterschiedlichen Teilsicherheitsbeiwerte ergibt sich nach dem europäischen Regelwerk der folgende maßgebende Bemessungswert der Quertragfähigkeit des Fensterbefestigers:

$$V_{Rd,EAD} = \min\left(\frac{V_{Rk,EAD}}{\gamma_{Mm}}; \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}}\right) = \min\left(\frac{4,32}{2,5}; \frac{0,99}{1,5}\right) \\ = \min(1,73; 0,66) = 0,66 \text{ kN} \quad \text{Gl. (6)}$$

Hierzu ist – mit Bezug auf Abschnitt 4.5 – folgender Hinweis zu beachten:

Hinweis:

Gemäß DAfStb (2019, S. 152/153, Abschnitt 5.2) wird bei der Bemessung von Verankerungen mit Hebelarm in der Gleichung

$$V_{Rd,h} = \alpha_M \cdot \frac{M_{Rk,s}}{(e_1 + a_3)} \cdot \frac{1}{\gamma_{Ms}} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l_a} \cdot \frac{1}{\gamma_{Ms}} = V_{Rd,s,M} \\ = V_{Rd,EAD} = 0,66 \text{ kN}$$

„gleichzeitig die Gebrauchstauglichkeit bis zu einer maximalen Verdrehung von 10° sichergestellt“.

Bei einem Hebelarm von 20 mm entspricht das folgender Verformung:

$$20 \cdot \tan 10^\circ = 3,5 \text{ mm}$$

4.3 Auswertung nach der ift-Richtlinie MO-02/1

Die Bewertung der Ergebnisse nach der ift-Richtlinie MO-02/1 wäre dagegen die folgende:

Das 5 %-Quantil wird analog zu Gleichung (1) in diesem Fachbeitrag (vgl. Abschnitt 3.1) allerdings auf Basis eines Vertrauensniveaus von 75 % ermittelt.

$$V_{Rk,MO-02/1} = V_{Ru,m} \cdot (1 - k_s \cdot v) \\ = 7,96 \cdot (1 - 2,463 \cdot 0,134) = 5,32 \text{ kN} \quad \text{Gl. (7)}$$

Unter Verwendung des Material-Teilsicherheitsbeiwerts für Mauerwerk $\gamma_{Mm} = 2,5$ ergibt sich auf Grundlage der Versagenswerte in Tabelle 4 (nur) 1 maßgebender Bemessungswert der Quertragfähigkeit des Fensterbefestigers:

$$V_{Rd,MO-02/1} = \frac{V_{Rk,MO-02/1}}{\gamma_{Mm}} = \frac{5,32}{2,5} \\ = 2,13 \text{ kN} \gg 0,66 \text{ kN} = V_{Rd,EAD} \quad \text{Gl. (8)}$$

4.4 Vergleich Tragfähigkeit:

allgemeine Dübeltechnik ↔ ift-Richtlinie MO-02/1

Gemäß Abschnitt 4.2 und 4.3 ist offenbar

$$V_{Rd,MO-02/1} = 2,13 \text{ kN} \gg 0,66 \text{ kN} = V_{Rd,EAD} \quad \text{Gl. (9)}$$

Die Tragfähigkeit nach EAD entspräche also lediglich $0,66 / 2,13 = 0,31 \approx 31$ % der Tragfähigkeit nach der ift-Richtlinie MO-02/1.

4.5 Vergleich Gebrauchstauglichkeit:

allgemeine Dübeltechnik ⇔ ift-Richtlinie MO-02/1

Beschränkt man als Gebrauchslastnachweis die Durchbiegung auf 3 mm (vgl. ift Rosenheim, 2015, S. 5, Abschnitt 3.1 bzw. S. 16, Abschnitt 5.1, Lastfall Biegung), ergibt sich aus den hier nicht weiter abgebildeten entsprechenden Versuchsergebnissen mit globaler Sicherheit 1,0 ($\gamma_F = \gamma_M = 1,0$) ein $V_{Ek,max} = 1,08$ kN.

Demgegenüber ist die Gebrauchslast nach EAD nur $0,66 / 1,4 = 0,47$ kN (vgl. den Hinweis in Abschnitt 4.2); das entspricht lediglich $0,47 / 1,08 = 0,43 \hat{=} 43$ % der Auswertung gemäß der ift-Richtlinie MO-02/1.

4.6 Ergänzende Hinweise

Eine Normierung der Tragfähigkeit auf eine bestimmte Festigkeit bleibt in diesem Beispiel außer Betracht, da sie in beiden Bewertungsverfahren in gleicher Weise gehandhabt wird (vgl. Abschnitt 3.3).

In Bild 6 ist exemplarisch das Last-Verformungsverhalten des Dübels im o.g. Kalksandlochstein dargestellt. Es zeigt sich deutlich eine Änderung der Steifigkeit (rote Geraden im Diagramm), die aus der Bildung eines plastischen Gelenks und dem konstruktiven Verformungsverhalten des Dübel-Systems und den befestigten Lasteinleitungselementen resultiert.

Die Größenordnung der Tragfähigkeit bei Bildung des plastischen Gelenks vor dem Erreichen der charakteristischen Tragfähigkeit ist systembedingt und wird in diesem Fall durch Reibungs- und Abstützungseffekte des Lasteinleitungselements sowie der Verformung und Rotation des Dübels im Oberflächenbereich des Untergrunds in Richtung der Last mit zugehöriger Umlagerung der Lastanteile (Seileffekte) hervorgerufen.

Effekte von Überfestigkeit der Schraube und ungleicher Verteilung der Festigkeit über den Schraubendurchmesser begleiten das voranschreitende Plastifizierungsverhalten und wirken sich im Prozess der voranschreitenden Schraubenrotation und -verformung durch inhomogene, mehraxiale Spannungszustände im Querschnitt aus.

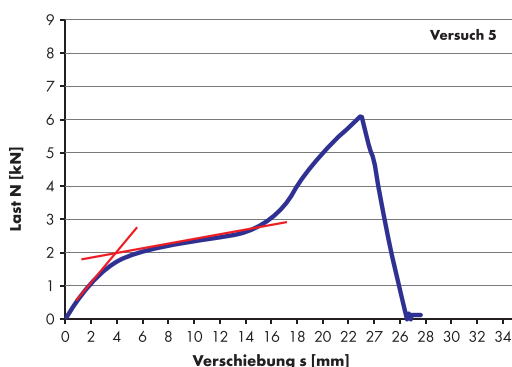


Bild 6: Last-Verformungsverhalten der Verankerung des Fensterbefestigers in einem Kalksandlochstein exemplarisch für Versuch 5 nach Tabelle 4

5 Zusammenfassung/Fazit

Die ift-Richtlinie MO-02/1 berücksichtigt nur ein Vertrauensniveau von 75 %. Durch diese andere Betrachtungsweise können sich für Befestigungen, die nach der ift-Richtlinie MO-02/1 beurteilt werden, deutlich höhere Tragfähigkeiten im Baustoff Mauerwerk/Beton ergeben. Hierbei werden allerdings die allgemeinen Streuungen aus Montage der Verankerung und Herstellungsprozess der Baustoffe Beton und Mauerwerk außer Acht gelassen.

Im hier dargestellten Beispiel nach Abschnitt 3.5 beträgt die nach der ift-Richtlinie MO-02/1 ermittelte Tragfähigkeit mehr als das Dreifache

- bei Beschränkung der Biegung auf 3 mm mehr als das Doppelte
- der Tragfähigkeit, die nach den geltenden europäischen Dübel-Regelwerken ermittelt wird, die immer ein Vertrauensniveau von 90 % berücksichtigen (vgl. Abschnitt 3.1).

Weitere Ursachen für diese Unterschiede sind die weniger bzw. differenzierter und restriktiver durchgeführte Untersuchung der möglichen Versagensursachen der Befestigung (Abschnitte 3.2 und 3.3).

Im Hinblick auf die stetig zunehmenden Gewichte und Größen für Fensterelemente und die damit zunehmende Gefährdung für Leib und Leben bei Versagen der Befestigung eines Fensters empfehlen die Autoren dieses Fachbeitrags, dass für die Ermittlung und Beurteilung der Tragfähigkeit eines Fensterbefestigers die gleichen europäischen Anforderungen gestellt werden wie für alle anderen „allgemeinen“ Befestigungsmittel.

Als Beispiel sei hier die Befestigung einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade genannt, die ebenfalls „nur“ durch Wind und Eigengewicht belastet wird und wie ein Fenster einen Teil der Außenhülle des Bauwerks darstellt. Hier gelten alle Anforderungen an die Befestigung nach den europäischen Regelwerken. Sollen nur für ein Fenster, das vielleicht sogar direkt innerhalb dieser Fassadenverkleidung liegt, andere Maßstäbe bei der Bewertung der Befestiger gelten?

Dies kann von den Autoren nicht nachvollzogen werden.

Literatur

1 Veröffentlichungen (Fachbücher, Fachzeitschriften, u.a.)

DAfStb (2019): Erläuterungen zu DIN EN 1992-4 Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton, Heft 615, Herausgeber: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), Beuth Verlag GmbH, Berlin – Wien – Zürich, 1. Auflage 2019

Hasofer, A. M.; Lind, M. C. (1974): An Exact and Invariant First Order Reliability Format, Journal of Engineering Mechanics Vol. 100, pp. 111–121

Hofmann, J. (2020): Sicherheit im Bauwesen – von der Brücke bis zum Befestigungssystem, in: Bauingenieur – Organ des VDI Fachbereichs Bautechnik, VDI Fachmedien GmbH & Co. KG Unternehmen für Fachinformationen, Düsseldorf 2020, Bd. 95, S. 14–19

Küenzlen, J.; Scheller, E., Klátecki, M.; Becker, R., Kuhn, T.; Stein, T. (2022): Befestigung und Abdichtung von Fenstern und Türen – Aktuelle Regelungen, Praxisbeispiele, bauphysikalische Gesichtspunkte, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2022

2 Europäische und internationale Normen (DIN EN, ISO)

DIN EN 1990:2010-12: Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung

DIN EN 1990/NA:2010-12: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung

DIN EN 1992-4:2019-04: Eurocode 2 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 4: Bemessung der Verankerungen von Befestigungen in Beton

DIN EN 1992-4:2019-04/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 4: Bemessung von Befestigungen in Beton

3 Gesetze – Richtlinien – Technische Regeln

ift Rosenheim (2015): ift-Richtlinie MO-02/1, Baukörperanschluss von Fenstern, Teil 2 : Verfahren zur Ermittlung der Gebrauchstauglichkeit von Befestigungssystemen, Rosenheim, Juni 2015

4 Leitlinien – Bewertungsdokumente – Technical Reports

EOTA EAD 330232-00-0601 (2016): European Assessment Document – Mechanical fasteners for use in concrete, October 2016, © 2016, URL: <https://www.eota.eu/en-GB/content/eads/56/> (abgerufen am 21.10.2024)

EOTA EAD 330284-00-0604 (2021): European Assessment Document Plastic Anchors for redundant non-structural Systems in Concrete and Masonry, June 2018, © 2021, URL: <https://www.eota.eu/en-GB/content/eads/56/> (abgerufen am 21.10.2024)

EOTA EAD 330460-00-0604 (DRAFT 2021): European Assessment Document – Screw anchor for use in masonry, November 2021, URL: <https://www.eota.eu/en-GB/content/eads/56/> (abgerufen am 21.10.2024: Noch nicht veröffentlicht!)

EOTA ETAG 001 Part 1 (1997): Guideline for European Technical Approval of Metal anchors for use in concrete – Anchors in General, 1997, Brüssel

EOTA ETAG 020 Part 1 (2006): Guideline for European Technical Approval of Plastic anchors for multiple use in concrete and masonry for non-structural applications – General, March 2006, Brüssel

EOTA ETAG 020 Part 1 (2012): Guideline for European Technical Approval of Plastic anchors for multiple use in concrete and masonry for non-structural applications – General, amended version March 2012, Brüssel, URL: <https://www.eota.eu/etags-archive> (abgerufen am 21.10.2024)

EOTA ETAG 020 Annex A (2012): Details of tests, amended version March 2012, Brüssel URL: <https://www.eota.eu/etags-archive> (abgerufen am 21.10.2024)

EOTA ETAG 020 Annex C (2012): Design Methods for Anchorages, amended version March 2012, Brüssel, URL: <https://www.eota.eu/etags-archive> (abgerufen am 21.10.2024)

EOTA TR 054 (2022): Technical Report TR 054 – Design methods for anchorages with metal injection anchors and screw anchors for use in masonry, Amended July 2022, URL: <https://www.eota.eu/en-GB/content/technical-reports/28/> (abgerufen am 21.10.2024)

EOTA TR 064 (2022): Technical Report TR 064 – Design of Plastic Anchors in Concrete and Masonry, December 2022, URL: <https://www.eota.eu/en-GB/content/technical-reports/28/> (abgerufen am 21.10.2024)

DIBT TR 064 (2019): Bemessungsverfahren für Kunststoffdübel zur Verankerung in Beton und Mauerwerk (Deutsches Anwendungsdokument zu EOTA TR 056 vom Mai 2018), Stand: August 2019; kostenlose Download-Möglichkeit unter URL: https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Referat/I2/TR064_de.pdf (abgerufen am 21.10.2024)

5 Deutsche „Zulassungen“ (abZ und abZ/aBG)

abZ/aBG AMO-Combi (2022): Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/Allgemeine Bauartgenehmigung – Würth AMO*-Combi Schraube mit Kunststoff-Dübelhülse W-UR 10 XS oder W-UR 10 XXL zur Befestigung von Fensterrahmen in Mauerwerk, Z-21.2-2017 vom 22.8.2022; kostenlose Download-Möglichkeit z.B. unter www.dibt.de/de/service/zulassungsdownload/suche

abZ/aBG AMO Y/IV (2024): Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/Allgemeine Bauartgenehmigung – AMO*-Y / AMO*-IV Schraube Ø 7,5 mm und Ø 11,5 mm zur Befestigung von Fensterrahmen in Beton und Mauerwerk, Z-21.1-2097 vom 19.1.2024; kostenlose Download-Möglichkeit z.B. unter www.dibt.de/de/service/zulassungsdownload/suche



**Dipl.-Ing.
Rainer Becker**
OPUS Engineering GmbH,
Dortmund



Marvin Höpfner M.Sc.,
OPUS Engineering GmbH,
Dortmund



**Dipl.-Ing. (FH)
Eckehard Scheller**
ISB Block und Becker
Beratende Ingenieure
PartGmbH, Bochum



**Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. (FH)
Jürgen H. R. Küenzlen,
M.A., M.A., LL.M.**
Adolf Würth GmbH & Co. KG,
Künzelsau

*Aus der Praxis
für die Praxis*



Die Zeitschrift für den Konstruktiven Ingenieurbau



KI fachlich **KI** sachlich **KI** anders

Was ist **KI** ?

KI – die Zeitschrift für den Konstruktiven Ingenieurbau

- ... ist die fachübergreifende Zeitschrift für planende Bauingenieure
- ... behandelt alle Themenfelder des konstruktiven Ingenieurbaus – relevant, praxisnah und übersichtlich
- ... ist eine Informations- und Diskussionsplattform für den gesamten Konstruktiven Ingenieurbau
- ... trifft genau die Fragestellungen Ihrer täglichen Berufspraxis!

Was bietet **KI** ?

Mit der Zeitschrift haben Sie fachübergreifendes und praxisorientiertes Know-how zu allen Facetten des Konstruktiven Ingenieurbaus zur Hand:

- Informationen zum gesamten Konstruktiven Ingenieurbau, Grundbau und Bauphysik
- Berichte zu neuen Entwicklungen und Technologien
- Fachbeiträge aus der Praxis, Modellberechnungen und aktuelle Forschungsergebnisse
- Wichtige fachliche Grundlagen zu Technischen Regelwerken, Richtlinien und Gesetzen

KI – Konstruktiver Ingenieurbau

ISSN 2509-2847

6 Ausgaben im Jahr, ca. 60 Seiten je Ausgabe,
Jahresabonnement inkl. Archiv: 199,00 € (D)
inkl. MwSt. und Versandkosten deutschlandweit



www.reguvis.de/ki



DIE NEUE AMO[®] IV

Die Fenstermontageschraube für hohe Anforderungen. Einbruchhemmung bis RC3 + absturzsichernde Befestigung.

Eine Produktentwicklung von Würth.



Die Befestigung erfüllt die Anforderungen für Fenster mit absturzsichernden Eigenschaften.
Bauaufsichtliche Zulassung als Nachweis der Tragfähigkeit

